

■-28 土の変形と破壊に関する二三の問題

東京大学生産技術研究所 正員 工博 星 埜 和

一般に土のような構造材料があつて、その力学的性質は均一で等方性であるとみなしければ、そのような材料からなる物体に外部から力が加わると、その内部の一處に生ずる応力とそれに伴うひずみは、それらの変化が微小であるかぎり、弾性法則が成り立つと考えられている。正八面体面上の有効垂直応力を σ_n' 、せん断応力を τ_m として、体積変化度 Δn およびねじり変形度 m との間に弾性法則から次式が導かれる。

$$\Delta n = \frac{1}{V} \Delta \sigma_n' \quad (1)$$

$$\Delta m = \frac{1}{U} \Delta \tau_m$$

式中 V および U は応力とひずみの変化が小さい範囲に一定とみなされる定数である。

普通の三軸試験に一樣な液圧を試験体のまわりに加えるオス段階において、軸方向圧縮応力 σ_a' は半全方向圧縮応力 σ_r' に等しく

$$\Delta \sigma_a' = \Delta \sigma_r' = \Delta \sigma_n'$$

かつ $\tau_m = 0$ であるから $\Delta \tau_m$ も当然 0 である。三軸試験の結果によると多くの正例に三軸圧密をうけた土に対して

$$V = V_0 \frac{\sigma_n'}{\sigma_0} \quad (2)$$

という簡単な関係式が成立しており、 V_0 は $\sigma_n' = \sigma_0$ のときの V の値である。

次に軸方向圧縮応力を加えるオス段階において、正八面体面上の応力は

$$\sigma_n' = \frac{1}{3} (\sigma_a' + 2 \sigma_r')$$

$$\tau_m = \frac{\sqrt{2}}{3} (\sigma_a' - \sigma_r')$$

であり、オス段階の始めにおいて

$$V = V_0 \frac{\sigma_n'}{\sigma_0}, \quad U = U_0 \frac{\sigma_n'}{\sigma_0} \quad (3)$$

であれば式(1)が成立つので一応応力変化の微小な範囲内で弾性法則が成り立つとしてよいが、三軸試験のオス段階で実測されたところによると、多くの土ではせん断応力によって体積変化が起るすなわちグイレージンジーの現象が認められる。これを式の形で示すと

$$\Delta n = \frac{1}{V} \Delta \sigma_n' + \frac{k}{U} \Delta \tau_m \quad (4)$$

で k はグイレージンジーに関する定数である。¹⁾

Idenkel はおわりかえして飽和状態にあるス種の粘土について三軸試験を行ない、正八面体面上におけるせん断応力の方向角 θ_m が 0 および π であるとすなわち σ_n に垂直応力 σ_n' が一定で変らないとすの排水試験を行ない、あわせて圧密非排水試験を行なって、信頼度の高い実験結果を発表している。²⁾

その結果を総合すると、式(2)が成立することは再確認されるが、式(3)および式(4)についてはねじり変形に関するデータが欠けているのではつまりしんことは云えないが、少くとも式(4)においてグレイテンシーに方向性のあることが認められる。すなわち $\theta_m = 0$ のときと $\theta_m = \pi$ のときでグレイテンシーは σ_n 軸に対して非対称になっている。この非対称性は破壊に至るまでの体積変化度(実測されるのは排水条件時の含水比の変化および非排水条件時における一定含水比のときの有効応力の変化であるが)にも現われており、破壊時の応力条件によっても及んでいて、Mises-Idencky の法則よりも Mohr-Coulomb の法則が成立することと示している。応力とひずみの間の関係が θ_m によって影響され非対称性であることと破壊条件の非対称性との間に何らかの関係があるかどうかは今後の研究によって明らかにされなければならない長であらう。

また Idenkel の三軸試験結果によると、排水条件下での体積変化と非排水条件下でのより体積変化が起らない条件下での有効応力の変化経路はほぼ完全に一致しており、ある応力状態のときと得られる体積変化度はそのときとすの応力条件からだけでつまり、応力変化の経路には無関係であることと示唆している。もしこれが事実として認められるならば式(4)における V および K/U はそれぞれ

$$\frac{1}{V} = \frac{\partial n}{\partial \sigma_n} \quad \frac{K}{U} = \frac{\partial n}{\partial \sigma_m}$$

で与えられることにならう。破壊時における体積変化度もまた応力変化の経路に関係なく θ_m が一定であれば正八面体面上の応力 σ_n' と σ_m だけから決まってしまう、これら応力の値が与えられれば、体積変化度も一義的に与えられることになる。このような関係が常にどか土に対して成立するかどうかは今後の研究課題であると思われる。

Idenkel の実験結果にはねじり変形のデータと欠いているが、ねじり変形度もまた応力の経路に無関係であるならば、土の変形と破壊の法則は著者が提案した理論とは異なつたものとならう。

三軸試験結果にもとづいて応力とひずみの関係を論ずるときに、三軸試験条件が理論と立てるとすの仮定と一致するものであるかどうかは十分な吟味を必要とするかも知れない。とくに変形が増大してすべり面が発生すると応力ひずみ関係は当然影響をうけて初期の条件とは異なつたものになるであらう。

- 参考文献 1) Hoshino, K (1961): An Analysis of the Volume Change, Distortional Deformation and Induced Pore Pressure of Soils under Triaxial Loading. 1/26. Proc. of the Fifth I.C.S.O.M.E.F.
- 2) Henkel, D.J., (1960): The Shear Strength of Saturated Remoulded clays, Research Conference on Shear Strength of Cohesive Soil, ASCE.